

## 1 - 2. 第二講演

### 「アスベスト分析について最近の話題と今後の見通し」

ニチアス株式会社  
環境管理室 技術本部  
三輪 真之



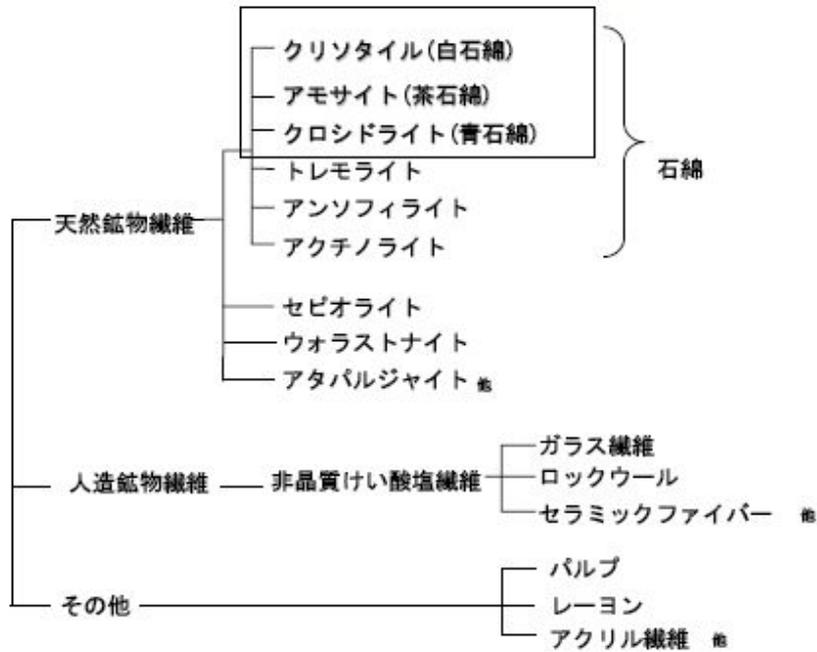
### アスベスト分析について最近の話題と今後の見通し

「石綿の法規制と分析精度を高めるために」

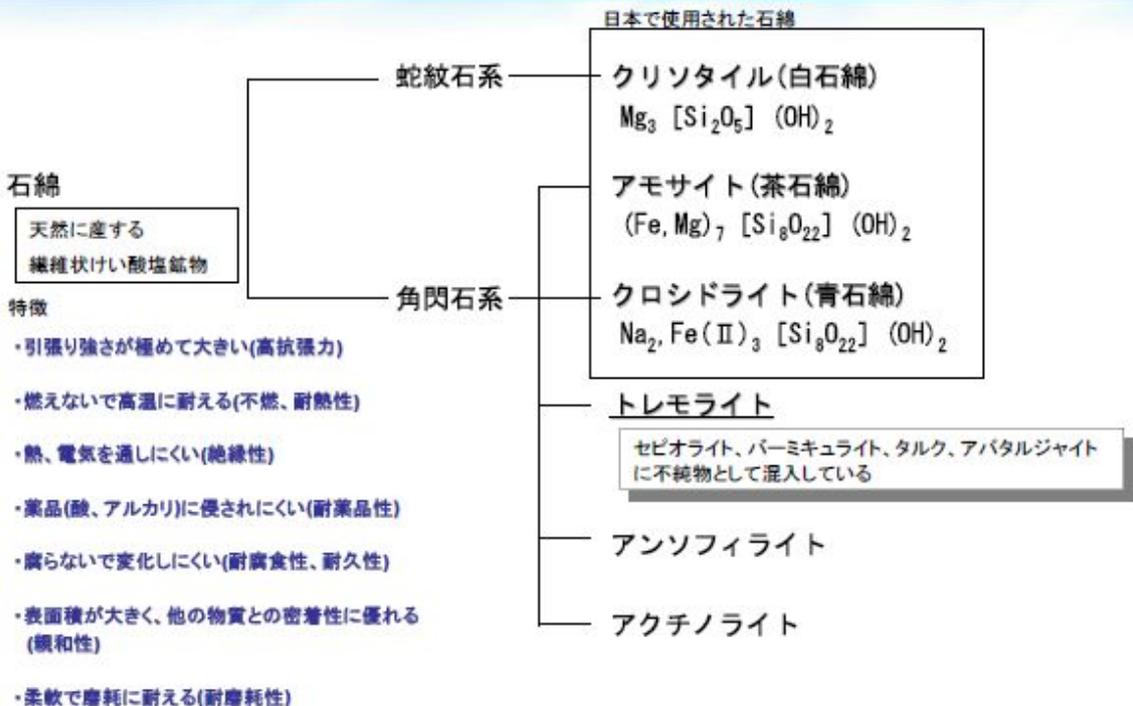
ニチアス株式会社

# 1. 石綿の基礎

## 繊維状物質の紹介



## 石綿の特徴



## 石綿の写真

クリソタイル(白石綿)



アモサイト(茶石綿)



クロシドライト(青石綿)



写真 実用された原綿(石綿)

## 過去に石綿を使用していた製品について

		使用石綿種類		
		クリソタイル	アモサイト	クロシドライト
建築材料 (吹付け材)	… 天井、鉄骨等の耐火被覆材	○	○	○
建築材料 (成形品)	… スレート板、ロックウール吸音板、けい酸カルシウム板 石膏ボード、ビニル床タイル等、石綿板	○	○	×
保温材	… 珪藻土保温材、パーライト保温材、保温塗り材 けい酸カルシウム保温材、石綿保温材	×	○	○
シール材	… 紡織品(石綿布、布団、石綿糸等)、パッキン、ガスケット	○	×	○
摩擦材	… 車輻、クレーン、エレベータ等のブレーキ材	○	×	×

## 石綿製品の代替化の経緯(業界調べ)



※シーリング材(ガスケット、パッキン等)については一部で現在も製造・使用している

※上記グラフは製造時期をまとめたものであり、販売時期は製造時期とは若干異なる

## 2. 石綿含有建築物の解体・改修に係る法規制について

### 石綿含有材料の解体・改修に係る環境規制について

石綿に係る環境規制の主なものは以下の3つにより規制される

#### (1)労働安全衛生法・石綿障害予防規則(旧特化則)

石綿含有吹き付け・保温材・成形板その他石綿製品について、管理するための規定。石綿含有の事前調査を規定

#### (2)大気汚染防止法

石綿吹き付け材を使用する建物解体作業に対する規制

#### (3)廃棄物の処理及び清掃に関する法律

石綿の飛散を考慮して、飛散性の高い吹き付け材・保温材に関して特別管理産業廃棄物の廃石綿として処理することを規定



通常の産業廃棄物(ガラスくず、陶磁器くず等)よりも管理が厳格になり、更に費用も倍以上かかる

## 石綿障害予防規則の制定

平成17年7月1日施行

### 制定の趣旨

これまでの石綿の健康障害予防について、安衛法、旧特化則等で規定

昭和46年 特化則制定(第2類物質として製造、取り扱いの規制)

昭和50年 石綿吹き付けの原則禁止

特定作業における湿潤化(特化則)

石綿含有の定義が5%を超えて含有するものと定義付けられた

平成7年 アモサイト、クロシドライトを含有製品の製造禁止(安衛法施行令)

石綿含有の定義が1%を超えて含有するものと定義付けられた

吹き付け石綿除去作業等に係る計画の届出(安衛法規則)

保護具の使用、解体における石綿使用状況の調査  
吹き付け石綿除去作業の隔離(旧特化則)

平成16年 石綿含有製品(10製品)の製造禁止

セメント系建材  
摩擦材  
接着剤

一方、1970～1980年代に輸入された石綿の多くは、建材として建築物に使用されている



今後これら建築物の解体等の作業が増加することが予想される



今後、石綿ばく露防止対策は建築物解体等の作業が中心となるため、旧特化則から切り離し、建築物解体作業の石綿ばく露対策の充実を図った石綿則を制定することとなった。

### 石綿障害予防規則の概要

<p>建築物等の解体等の作業における対策強化</p> <p><u>事前調査の充実</u> 作業計画の作成 作業の届出 特別教育 等</p>	<p>石綿等が吹き付けられた建築物等における業務に係る措置</p> <p>劣化損傷した部位の除去、封じ込め、囲い込み</p>	<p>その他の取り扱い作業</p> <p>換気装置の設置 特定作業の湿潤化、保護具の使用 等</p>
---	--	--

### 3. 石綿事前調査について(石綿障害予防規則)

#### 石綿含有建築物の事前調査～解体までの流れ

##### 《事前作業》

注文主が石綿含有建築物解体を  
解体業者に要請

石綿含有有無の事前調査、分析

解体作業者の健康診断 及び 特別教育実施、  
作業主任者選任

労働基準監督署へ届出

解体作業実施へ

##### 《解体作業》

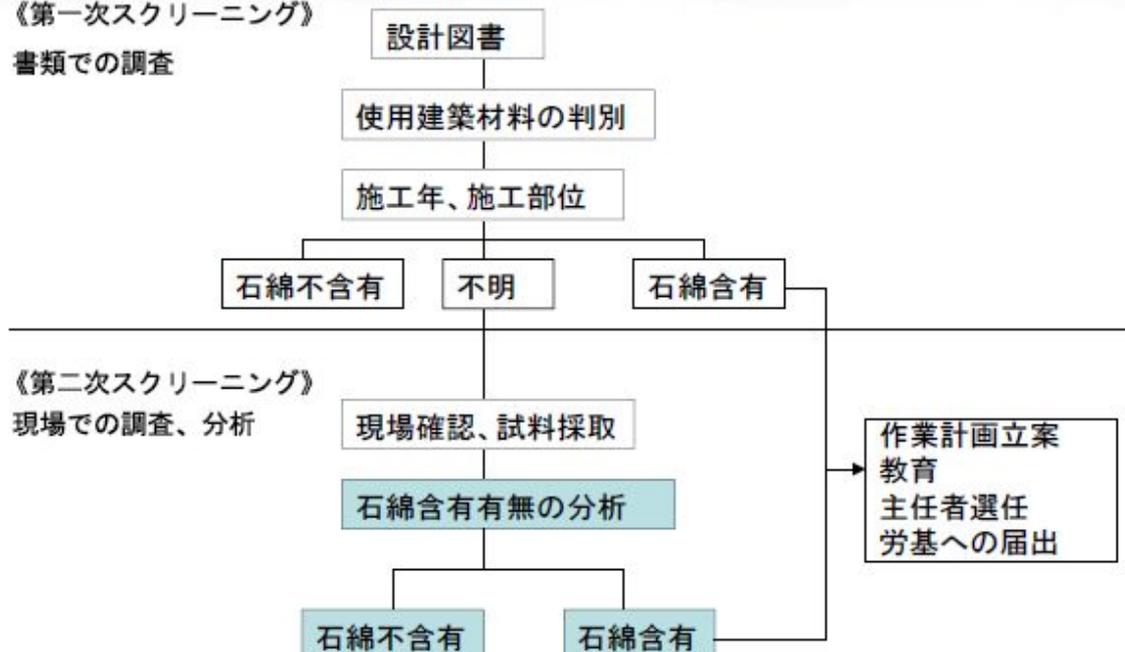
立ち入り禁止措置、湿潤化等

保護具の着用徹底

#### 石綿含有有無の事前調査の概要

##### 《第一次スクリーニング》

書類での調査



## 第一次スクリーニングの進め方について

### EX) 保温材の第一次スクリーニング

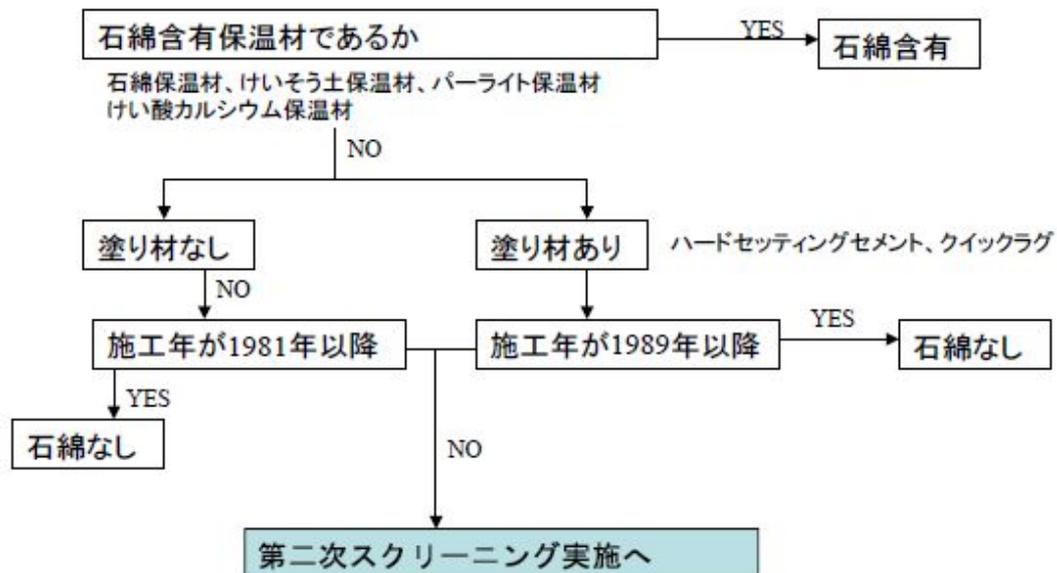
#### 石綿含有保温材の特徴

過去に製造した石綿含有保温材一覧

石綿含有保温材名	製造中止年	石綿の種類	特徴
石綿けい酸カルシウム保温材	昭和55年	アモサイト、クロシドライト	かさ比重0.2以下でもろい
石綿保温材	昭和55年	アモサイト	かさ比重0.3以下でもろい
パーライト保温材	昭和55年	アモサイト	かさ比重0.3以下でもろい
珪藻土保温材	昭和30年	アモサイト	かさ比重0.5以下でもろい

- ・保温材に使用している石綿はアモサイト、クロシドライトである。
- ・石綿含有保温材を製造していた時期は1980(昭和55年)位までである
- ・石綿含有保温材と保温塗り材を併用して使用する場合があります、保温塗り材は1988(昭和63年)位まで石綿を使用している。

#### 保温材料



## 第二次スクリーニングの進め方について

第二次スクリーニング …… 分析により石綿含有の有無の判断をする

### 第二次スクリーニングの手順

- ・第一次スクリーニングで調査を行った結果、石綿の含有が不明の場合、第二次スクリーニングとして現場調査・試料採取を実施
- ・採取した試料を分析し石綿含有の判定を行う

## 石綿の含有の分析方法について(第二次スクリーニング)

### (1)偏光顕微鏡法

サンプルの色、形態、結晶性から含有成分を同定する方法。

特に結晶質である石綿と非晶質である人造鉱物繊維との識別に有効

—————▶ [現行のニチアス分析法](#)

### (2)分散染色法

屈折率が異なる浸液を用いて試料中の粒子を光学的に着色させ識別する方法

### (3)X線回折法

試料にX線を当て、回折線の強度と散乱角から試料の同定を行う方法

[厚生労働省通達の方法](#)

他、電子顕微鏡による方法等がある

## 4. 厚生労働省通達で定める石綿分析方法について

### これまで通知された石綿含有有無の分析方法

- ・ペーパーパウダーに用いられるタルク中のアスベスト試験法(昭和62年11月付通達)
- ・建築物耐火等吹き付け材の石綿含有率判定方法(平成8年3月付通達)
- ・蛇紋岩系左官用モルタル混和材による石綿暴露の防止について(平成16年7月付通達)

石綿則の施行に伴い、石綿含有建材に幅広く使用できる測定手法の確立が必要となった

平成17年6月22日付け厚生労働省通達 基安化発第0622001  
「建材中の石綿含有率の分析方法について」

### 厚生労働省通達による分析方法について(第二次スクリーニング)

#### 分析対象石綿

蛇紋石族および角閃石族の造岩鉱物に属する繊維状の鉱物  
(クリソタイル、アモサイト、クロシドライト、アクチノライト、アンソフィライト、トレモライト)

#### 分析手順

(1)現場から試料の採取

(2)分析用試料の調製

(3)定性分析(石綿有無の判定)

- (1)位相差顕微鏡による分散染色分析方法
- (2)X線回折分析方法

(4)石綿有無の確認

石綿含有の場合

(5)定量分析(石綿含有率の判定)

- (1)蟻酸による前処理
- (2)X線回折分析方法

## 分析に際しての留意事項

### 現場から試料の採取の留意点

- ・採取の際、粉じんの飛散に留意して鋭利なカッターを用いて行う。
- ・吹付けや保温材など柔らかいもの 1箇所あたり10cm<sup>3</sup>程度で3箇所採取する。
- ・成形板など硬いもの 1箇所あたり100cm<sup>2</sup>で3箇所から採取

注)採取の際には、取替え式保護マスクと保護衣、手袋を着用のこと

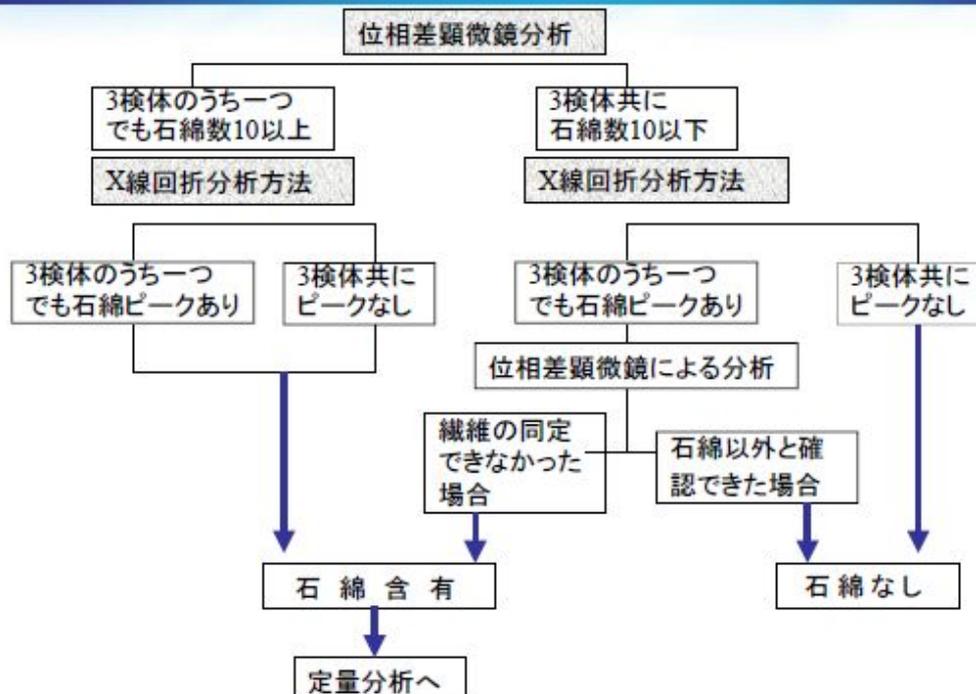
### 分析用試料の調整

- ・採取した試料を粉砕する。
- ・粉砕後、ふるいを通してふるい分けする。

上記、2作業を繰り返して全ての試料がふるい下になるまで繰り返す

注)有機成分試料の場合、電気炉で450℃、1時間以上灰化した後に上記作業を行う

## 定性分析(石綿有無の判定)のフロー図



## 定性分析

### 位相差顕微鏡による分散染色分析法

#### ◎分析用試料の調製について

試料10～20mgをピンセットでつまみ、サンプル瓶に入れる。

試料を入れたサンプル瓶に無じん水40mlを混ぜ攪拌する。

混ぜた後、スポイトで採取してスライドグラスに滴下し試料調整する。

屈折率の異なる3種類の浸液( $n_d=1.55, 1.68, 1.70$ )を3,4滴滴下する

試料滴下後にカバーガラスをかぶせる。



分析用試料の完成

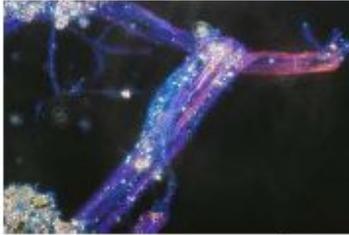
#### 石綿繊維の判定方法

含有される繊維	使用浸液の屈折率			
	1.550	1.640	1.680	1.700
クリソタイル石綿	赤紫色～青色	黄金色	黄金色	黄金色
ロックウール	白色	青色	黄金色	黄金色
アモサイト石綿	白色	白色	桃色	青色
クロシドライト石綿	白色	白色	燈色	青色

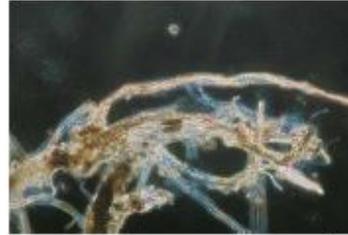
## 分散染色法による石綿写真

屈折率の違う溶液に漬ける → 石綿が様々な色を発する

### クリソタイル(白石綿)



屈折率nd = 1.55



屈折率nd = 1.64



屈折率nd = 1.68



屈折率nd = 1.70

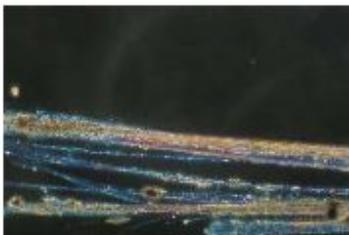
### アモサイト(茶石綿)



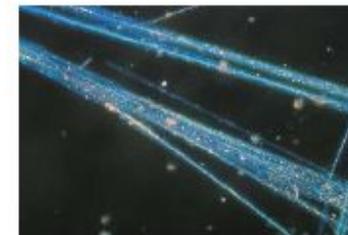
屈折率nd = 1.55



屈折率nd = 1.64



屈折率nd = 1.68



屈折率nd = 1.70

クロシドライト(茶石綿)



屈折率nd = 1.55



屈折率nd = 1.64



屈折率nd = 1.68

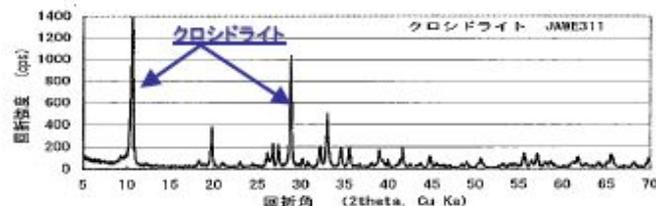
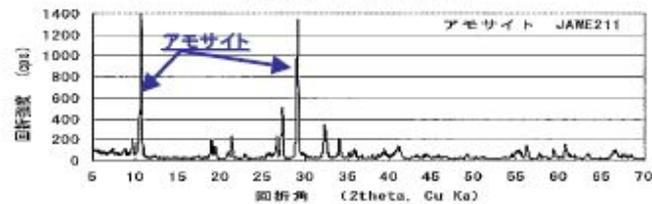
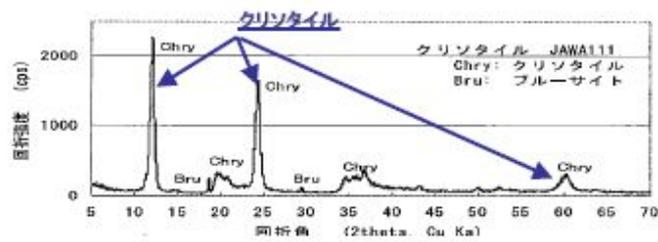


屈折率nd = 1.70

定性分析 → 定量分析

X線回折法による石綿含有の判定法

それぞれ石綿特有のピークがある → ピークの位置で石綿含有を判定、ピークの大きさで石綿含有量を測定



分析手順

(1)定性分析(石綿有無の判定)

- (1)位相差顕微鏡による分散染色分析方法
- (2)X線回折分析方法

石綿含有の場合

(2)定量分析(石綿含有率の判定)

- (1)蟻酸による前処理
- (2)X線回折分析方法



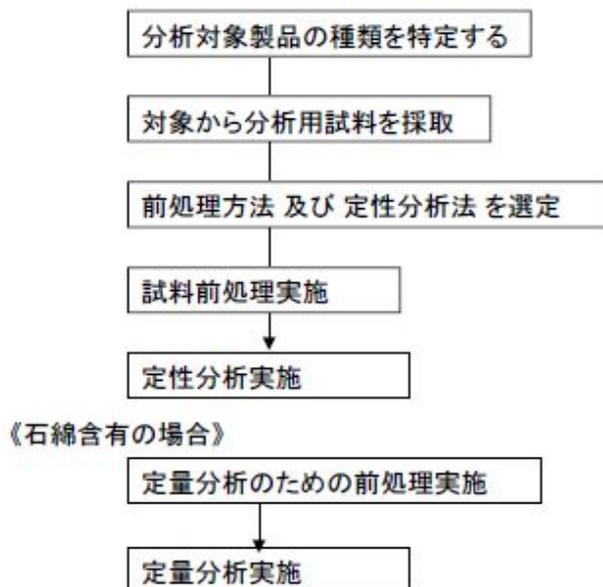
石綿含有率1.0%を超えた場合、石綿含有となる

建材中の石綿含有率の分析方法(厚生労働省発行の通達)についての懸案事項

- ・分析対象を建材製品全般としているため、分析方法が非常に複雑である。
- ・現状、限られた分析機関でしか実施できない
- ・現状の分析精度を更に高める必要がある
- ・納期が圧倒的にかかる(1ヶ月以上)
- ・費用が高額である(1検体につき10万円程度)

## 5.実際に分析を実施するにあたって(実務編)

### 石綿分析の流れ



### 分析対象製品の特定

#### 過去、現在の石綿含有製品(1)

分類	石綿製品名	使用石綿	その他使用材料	NA後の石綿代替繊維
建築材料 (吹付け材)	吹付け石綿	クリソタイル、アモサイト、クロシドライト	セメント等	—
	石綿含有吹付けロックウール	クリソタイル、アモサイト	ロックウール、セメント	ロックウール
	石綿含有パーミキュライト吹付け	クリソタイル	ひる石、セメント	—
	湿式石綿含有吹付け	クリソタイル	ロックウール、石膏、セメント、ひる石	セピオライト
建築材料成形品	石綿セメント円筒(煙突)	クリソタイル	セメント等	ロックウール、バルブ、ワラストナイト、タルク、ポリビニルアルコール
	石綿含有ロックウール吸音板		セメント、ロックウール	
	スラグ石膏セメント板		セメント等	
	石綿セメントサイディング		セメント等	
	押出成形セメント板		セメント等	
	石綿セメント板 (フレキシブル板、平板、軟質板)		セメント等	
	住宅用石綿スレート		セメント等	
	波形石綿スレート		セメント等	
	石綿けい酸カルシウム板	クリソタイル、アモサイト	けい酸カルシウム	
	ビニル床タイル	クリソタイル	樹脂	

## 過去、現在の石綿含有製品(2)

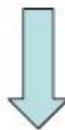
保温材・他	石綿保温材	アモサイト	珪藻土	ガラス長繊維、 ロックウール、 グラスウール
	珪藻土保温材		パーライト等	
	パーライト保温材	アモサイト、 クロシドライト	けい酸カルシウム	
	けい酸カルシウム保温材	クリソタイル、 クロシドライト	セメント等	
シール材	水道用石綿セメント管	クリソタイル、 クロシドライト	有機繊維	アラミド繊維、 ガラス長繊維、 ロックウール、 ゴム等 セラミック繊維、 カーボン繊維 他
	石綿紡織品(糸、布)			
	グラウンドパッキン	クリソタイル	粘土鉱物等	
	石綿ジョイントシート		鉱物等	
	ポルテックス		樹脂	
	石綿板(ミルボード)			
石綿紙・絶縁品	アラミド繊維、 アタパルジャイト ロックウール セラミック 繊維 他			
自動車用ブレーキライニング				
産業用モールド品				
摩擦材	特殊加工ウーブン	クリソタイル	樹脂	アラミド繊維、 アタパルジャイト ロックウール セラミック 繊維 他
	自動車用クラッチフェーシング			
	自動車用ディスクパッド			

## 石綿含有製品の使用用途

分類	使用用途
建築材料	屋根、天井、内装材、外装材、軒下、床、鉄骨の耐火被覆、 屋根用折半
シール・断熱材	プラント配管、ポンプ、バルブ、熱交換器等のシール、 暖房機の断熱材
摩擦材	自動車、航空機、バス、トラック、エレベーター、クレーン
保温材	ボイラー、タービン、ダクト等の保温

なぜ分析対象製品の特定が必要なのか

- ・分析する試料が過去、現在使用されている石綿製品かどうか分かる
- ・石綿の使用されていた時期が分かる → 建築物の採取箇所、施工年等の情報と比較して石綿含有有無の目安が付く
- ・その他石綿代替品の情報等を得ることにより分析の参考資料となる



石綿分析の分析精度を高めるのに強力な武器となる

## 対象製品から分析用試料を採取

石綿製品中の石綿繊維は、箇所によってかなりバラツキが大きい

※特に吹付け材については、現場で施工するため石綿が1箇所にかたまっている可能性が高い



実際に石綿を使用している製品でも、採取の仕方によっては試料中に石綿を含まない可能性がある。

※分析者は、石綿繊維の特性(束になって分散しにくい)を良く理解すると共に、分析を依頼する顧客にも試料採取方法を詳しく伝達する必要がある。

## 前処理方法 及び 定性分析方法 を選定

### 《前処理の方法の選定について》

分析するための必須条件 → 試料を細かく粉砕(粒径500 $\mu$ m未満)することが必要

細かく粉砕するためには

スレート板、石綿セメント板等の  
硬い成形板、

→ 振動ミル、ポールミル等の粉砕機が有効

有機繊維、樹脂を含むPタイル等の  
製品

→ 加熱処理により有機分を処理する必要がある

石綿を50%以上含む石綿吹付け  
材等の製品

→ 石綿繊維を切断するワイレーのカッター  
等が有効

### 《定性分析の方法の選定について》

- ・偏光顕微鏡法
- ・分散染色法
- ・X線回折法
- ・電子顕微鏡法

→ 様々な定性分析法の中で、実施する  
方法を選択する

### ◎選定のポイント

- ・顧客からの要望(費用、納期等を含む)
- ・各分析機関が有する分析ノウハウ
- ・各分析方法の長所、短所を考慮して選定

## 各定性分析方法の長所と短所

### ・分散染色法

- ・繊維を浸液に漬けることで、確実に石綿繊維を着色できるため判断基準が明確である
- ・石綿と同じ着色を示すパーミキュライト等の石綿以外のものを同時に計数する可能性がある

### ・X線回折法

- ・石綿が検出下限以上含有していたら確実にピークとして現れてくれる
- ・石綿以外の鉱物で石綿と同じ箇所にピークが現れるものがあり、判定を間違える可能性がある

### ・偏光顕微鏡法

- ・色、形状、結晶性から判断するため、結晶質である石綿とガラス繊維等の非晶質のものを見分けるのに有効
- ・同じ結晶性鉱物であるセピオライト等と見分けるのが非常に困難

### ・電子顕微鏡法

- ・形状と組成からの判断になり、マトリックス等の妨害成分の影響を受けた場合、判定が困難になる

以上の長所、短所を踏まえて

定性分析方法を  
選定するには



1つの方法を選択するのではなく、  
複数の方法を選択して総合的に  
判断することが有効となる

## 前処理 及び 定性分析方法 を実施

前処理 及び 定性分析する際の留意事項 ～ こんなトラブルにご注意！！～

### 《 前処理 》

・振動ミル、ウィレー粉砕機を  
長時間使用



### 《 定性分析 》

・石綿の繊維形状が変化し、見落とす可能性がある  
(偏光顕微鏡、分散染色法)

・石綿の非晶質化が進み、石綿ピークが減少する  
(X線回折法)

・過剰な加熱処理を行う



・クリソタイル(白石綿)の結晶構造から  
水が脱離して別の物質に変化する

800°Cで1時間加熱の条件でクリソタイルが  
フォルステライトに変化する

・マトリックスが繊維に  
付着している



・マトリックス妨害して繊維が着色しない  
(分散染色法)

## 分散染色法による定性分析方法 について

### 分散染色法により定性分析する際の留意事項

・顕微鏡で観察する際、実際には繊維の角度により様々な色に着色する

・クリソタイル(白石綿)の場合、石綿の産地によって分散染色の色が微妙に  
異なる



判定で重要なことは、着色した色のみで判断するのではなく  
形状、石綿標準試料との比較等から総合的に判断すること

◎分析条件

設定項目	測定条件
x線対陰極	銅(Cu)
管電圧(kV)	30～40
管電流(mA)	30～40
白色化	Niフィルタ又はグラファイトモノクロメータ
フルスケール	1000～2000
時定数(sec)	1
走査速度	2
発散スリット	1
散乱スリット	1
受光スリット	0.3
走査範囲(2θ)	5～70

定量用前処理 及び 定量分析(石綿含有率の判定)

(S-1)蟻酸による前処理

- ・分析試料100mgを6.7%蟻酸中で1分30秒攪拌、30秒静置
- ・上記操作を6回繰り返し、ろ過した後分析試料とする

(S-2)検量線の作成(1～5%の定量対象)

- ・石綿標準試料を0.1、0.5、1.0、3.0mg、5.0mg精秤し、6.7%蟻酸で攪拌、静置し検量線用試料とする
- ・検量線試料を**基底吸収補正法によるX線分析**にかけ検量線作成する

(S-3)X線定量分析

- ・分析試料の**基底吸収補正法によるX線分析**実施



石綿含有率1%以上で、石綿含有となる

## 定量分析の留意事項

### 石綿の定量分析の手法について

- ・基底吸収補正法      ……石綿微量含有(0.1~5.0%)の場合、有効な方法  
高濃度の石綿製品には使用できない
- ・内標準法      }      ……高濃度の石綿含有製品の定量に有効な方法
- ・標準添加法      }      低濃度の石綿製品の定量精度は落ちる

定量分析をする上で低濃度用と高濃度用の検量線が必須



◎いかに精度の高い検量線を作成するかが鍵となる

特に今回の方法に関しては、いかに低濃度の石綿を正確に定量するかが焦点となっているため、基底吸収補正法の検量線作成が重要。

## 6.まとめ ~正しい分析をするために~

- ・分析は「サンプリング+分析+製品知識等の総合判断」で構成される  
いずれが欠けても正しい分析はできない
- ・精度の高い分析を実施するには、1つの分析方法で判断するよりは、複数の  
分析方法を併用して判断することが重要
- ・一口に石綿と言っても、産地毎に様々な形状、色の石綿に分かれる。より多く  
の試料を分析して経験を積むことが必要
- ・定量分析で実施する基底吸収補正法によるX線分析は、あくまでの1~5%  
の石綿の分析に使用するものであることに留意すること
- ・試料調製の際には、取替え式の保護マスク、保護衣(手袋)の着用を徹底  
すること